

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.07.92.

30 Priorité :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE Etablissement de Caractère Scientifique,
Technique et Industriel — FR.

72 Inventeur(s) : Grange Hubert et Maerer Catherine.

43 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 21.01.94 Bulletin 94/03.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire : Brevatome.

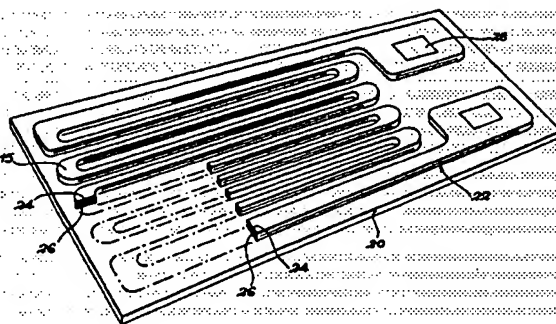
54 Jauge de contrainte sur support souple et capteur muni de ladite jauge.

57 La présente invention concerne une jauge de
contrainte sur support souple et un capteur muni de cette
jauge.

Le but de l'invention est de réaliser une jauge dont on
puisse adapter le fluage en fonction du corps d'épreuve et
de l'application à laquelle elle est destinée, sans avoir à
modifier le dessin du masque permettant de graver la cou-
che mince sensible aux déformations.

Le but est atteint à l'aide d'une jauge de contrainte desti-
née à être fixée sur l'une des faces d'un corps d'épreuve
pouvant se déformer sous l'action d'une grandeur à mesu-
rer, cette jauge comprenant une couche mince (22) sensi-
ble aux déformations gravée en forme de résistance et
fixée sur un support souple (20), ladite couche (22) com-
prenant au moins deux sous-couches (24, 26) présentant
des valeurs de fluage différentes.

Cette jauge est plus particulièrement utilisée pour le pe-
sage de précision.



JAUGE DE CONTRAINTE SUR SUPPORT SOUPLE
ET CAPTEUR MUNI DE LADITE JAUGE

DESCRIPTION

5

La présente invention concerne une jauge de contrainte sur support souple, ainsi qu'un capteur muni de ladite jauge.

Les jauges de contraintes disposées sur un support souple sont utilisées pour mesurer les déformations de pièces mécaniques. Leurs applications sont multiples. Elles sont utilisées notamment pour le pesage, (balances commerciales et pèse-personnes par exemple), pour les mesures de pression, pour les mesures de contraintes sur des pièces mécaniques telles que des arbres de transmission, différentes parties d'une aile d'avion ou des concavités. Elles sont également utilisées en extensiométrie pour le contrôle de structures en béton, telles que des barrages ou des ponts. Enfin, ces jauges peuvent également permettre d'effectuer des mesures de torsion, de couple, de vibrations ou d'accélération.

Sous sa forme la plus simple, la jauge 1 est constituée par un brin très fin 3 collé sur un support mince 5 et arrangé suivant une forme en boucles représentée à la figure 1 jointe, c'est-à-dire que la majeure partie de sa longueur est distribuée parallèlement à une direction fixe (flèche X). Des brins plus gros 7 servent à souder les sorties, à des câbles de liaison aux instruments.

Lorsqu'on désire connaître l'allongement d'une structure suivant une direction donnée, on colle la jauge 1, les brins parallèles à cette direction.

D'autre part, les jauges 1 servent à réaliser des capteurs 9 tel que celui illustré en figure 2 join-

te. Un capteur est un dispositif mécanique destiné à transformer une grandeur physique quelconque A (pression, force, accélération, etc...) en déformation d'une pièce 11 dite corps d'épreuve. Les jauges collées sur le corps d'épreuve détectent ses déformations, en vue de la mesure de la grandeur physique A ou pour agir sur des dispositifs régulateurs.

Dans le cas illustré en figure 2, les deux jauges 1c travaillent en compression et les deux jauges 1e en extension. Ceci permet d'avoir des mesures très précises de l'ordre de 10^{-4} de l'étendue de la mesure. Le même montage peut être effectué sur toutes sortes de structures, comme cela est décrit dans "L'encyclopédie Vishay d'analyse des contraintes", Vishay-Micro-
mesures, Malakoff, France, 282-284.

Enfin, les jauges peuvent être disposées en forme de pont de Wheatstone, comme cela est décrit dans le brevet EP-0 053 059, par exemple.

Quelle que soit la disposition des jauges de contrainte, les mesures effectuées sont toutes basées sur les variations de résistance du brin 3, ces variations étant fonction de la nature du matériau le constituant et de ses formations en longueur et en section.

On connaît déjà d'après le brevet EP-A-0 053 059 une jauge de contrainte, réalisée par dépôt sous vide d'une couche d'alliage métallique de 50 à 500 nm sur un substrat en verre de 100 à 250 μm d'épaisseur. Or, le verre est extrêmement cassant et difficile à utiliser dans certains cas. En conséquence, cette jauge peut être utilisée uniquement en compression et non en traction à cause de la limite de rupture du verre.

On connaît également d'après l'art antérieur des jauges de contraintes destinées à être utilisées en compression et en extension et fixées à cet effet

sur un support souple. Ces jauges comprennent un film mince de polyimide ou de résine époxy phénolique, d'une épaisseur de 25 μm , sur lequel on colle une feuille très mince d'environ 5 μm d'un matériau résistif laminé tel qu'un alliage de nickel-chrome, de cuivre-nickel ou de platine-tungstène.

Dans ce cas, la couche résistive est ensuite gravée en fines bandes pour obtenir une résistance dont la forme est donnée sur la figure 1 jointe. Les résistances ainsi obtenues peuvent présenter des valeurs comprises entre 120 et 6000 ohms.

Ce type de jauge présente un certain nombre d'inconvénients. La fabrication de ces jauges est onéreuse car le collage des feuilles très minces de matériau résistif est une opération délicate et difficilement reproductible. En outre, la fabrication des feuilles métalliques de 5 μm d'épaisseur est longue et difficile, elle nécessite une succession de laminages et de recuits qui stabilisent le matériau entre chaque étape de laminage. Enfin, l'épaisseur de la couche résistive métallique de 5 μm limite les valeurs des résistances obtenues qui ne sont généralement pas supérieures à 6000 ohms.

On connaît également d'après le brevet US-4,786,887, une jauge comprenant un substrat souple recouvert d'une couche isolante polymère et d'une couche résistive en alliage nickel-chrome, une couche conductrice d'or étant en outre déposée uniquement sur les pattes de sortie pour former des plots de contact. Ce document propose d'ajuster le fluage du corps d'épreuve en modifiant les caractéristiques de la couche isolante.

Par ailleurs, on notera que sous l'action d'une force constante, le corps d'épreuve 11 et la jauge 1 se déforment instantanément à l'instant d'ap-

plication de ladite force, puis ils continuent à se déformer progressivement au cours du temps, c'est le phénomène dit de "fluage". Lorsque la force est enlevée du corps d'épreuve 11, celui-ci revient à sa position initiale. La valeur de fluage se mesure en faisant le rapport entre la variation de longueur de l'élément soumis au fluage et sa longueur initiale.

De même, après la déformation instantanée de la jauge 1 qui suit celle du corps d'épreuve 11, la jauge 1 est soumise à une force qui tend à s'opposer à cette déformation, c'est le phénomène dit de "relaxation". Celui-ci correspond à une diminution de la contrainte qui s'exerce sur la jauge quand la déformation est maintenue constante.

De manière générale, une jauge 1 fixée sur un corps d'épreuve 11 sur lequel on applique une charge A, est soumise à trois déformations différentes :

- une déformation instantanée correspondant à l'application de la charge,
- une déformation due au fluage du corps d'épreuve, et
- une déformation due à sa relaxation propre.

Le résultat de la mesure effectuée à l'aide de la jauge correspond à la résultante de ces trois déformations. Toutefois, les caractéristiques du fluage ou de la relaxation sont adaptées en fonction des applications des jauges.

Dans le cas de la jauge de contrainte représentée sur les figures 1 et 2, la transmission des déformations du corps d'épreuve 11, à la jauge 1, se fait surtout par cisaillement des boucles 15 de raccordement entre les brins 3 successifs, au niveau des extrémités de celles-ci.

Lorsque l'on souhaite mesurer l'évolution du fluage d'une structure sous charge constante, telle

qu'un pont par exemple, la jauge doit être sans relaxation. Or, la relaxation de la jauge 1 dépend de la longueur des boucles 15 ; plus les boucles 15 sont courtes et plus la relaxation de la jauge est importante. On adapte donc la relaxation de la jauge en choisissant la longueur des boucles. Cela impose de calculer avant la fabrication, la longueur des boucles, pour chaque corps d'épreuve utilisé. Il est alors nécessaire d'avoir un dessin de jauge par corps d'épreuve et un masque de gravure par corps d'épreuve. Le procédé de fabrication est donc onéreux.

On notera que dans le brevet EP-A-0 053 059, il n'est pas fait allusion au problème du réglage du fluage, car l'application visée est principalement destinée au pesage grand public (balances de ménage, 15 pèse-personnes), où la précision exigée est moindre que dans les mesures de pesage effectuées dans le secteur professionnel. Pour les capteurs grand public, les erreurs dues au fluage sont comprises dans les tolérances de mesure.

En revanche, lorsque l'on utilise les jauges pour un pesage précis, le dessin de la jauge 1 doit permettre d'avoir une relaxation qui compense parfaitement le fluage du corps d'épreuve 11 de façon à avoir un signal de sortie constant. Une telle précision est 25 nécessaire pour que l'indication de poids soit constante quelle que soit la durée du pesage.

D'une manière générale, les phénomènes de fluage et de relaxation sont peu importants à température ambiante, mais peuvent ne plus être négligeables 30 lorsque le corps d'épreuve et/ou la colle liant la jauge audit corps sont chauffés à des températures proches de leurs limites d'emploi. On réduit cet effet en faisant subir à l'ensemble un traitement thermique, à une température supérieure à celle de l'utili-

sation ultérieure. Ceci est important, surtout sur les capteurs qui souvent doivent avoir une fidélité meilleure que 0,1%. Toutefois, ces traitements thermiques sont coûteux.

5 Par ailleurs, il est possible que le corps d'épreuve 11 ait un coefficient de dilatation très différent de celui de la jauge 1. Le collage ayant été définitif à la température de traitement de la colle, lorsqu'on revient à la température ambiante,
10 la jauge est soumise à une déformation. Le vrai zéro ne correspond donc pas au cas d'absence de charge, mais à celui d'une charge qui retrouve les conditions du collage. Ainsi, certaines installations fluent en l'absence de charge, mais pas pour une déformation
15 donnée.

Enfin, on sait qu'une résistance peut varier en fonction de la température selon la formule ci-dessous :

$$R = R_0 (1 + \alpha T)$$

20 dans laquelle R_0 représente la valeur de la résistance de la jauge à une température de référence, T représente la température à l'instant de la mesure et α représente le coefficient de température de la résistance (TCR) du matériau dans lequel est réalisé la résistance (brins
25 3). Lorsque le TCR est proche de 0, la valeur de la résistance ne varie pas en fonction de la température.

Il serait donc souhaitable de réaliser des jauges dans des matériaux dont le TCR est voisin de zéro.

30 De la maîtrise de ces phénomènes de fluage dépendent en grande partie les qualités métrologiques d'une jauge et d'un capteur.

En conséquence, l'invention a pour objet de remédier aux inconvénients précités et notamment
35 de permettre l'adaptation du fluage de la jauge à dir-

férents corps d'épreuve, tout en conservant un coefficient de température de la résistance proche de zéro et surtout sans avoir à modifier le dessin du masque permettant la réalisation des boucles, pour chaque

5 corps d'épreuve.

A cet effet, l'invention concerne une jauge de contrainte destinée à être fixée sur l'une des faces d'un corps d'épreuve pouvant se déformer sous l'action d'une grandeur à mesurer, cette jauge comprenant une

10 couche mince sensible aux déformations gravée en forme de résistance et fixée sur un support souple.

Selon les caractéristiques de l'invention, ladite couche mince comprend au moins deux sous-couches présentant des valeurs de fluage différentes.

15 De façon avantageuse, la couche mince a une structure multicouches comprenant plusieurs couches présentant des valeurs de fluage différentes et des épaisseurs différentes.

Ainsi, il est possible d'adapter le degré de relaxation ou de fluage des jauges en faisant varier

20 la nature des couches minces, leur nombre et leur épaisseur.

De façon avantageuse, l'une des sous-couches présente une valeur de fluage positive, il s'agit d'un

25 alliage à l'état amorphe, présentant un TCR voisin de zéro, tandis que l'autre sous-couche présente une valeur de fluage négative, il s'agit d'un alliage à l'état cristallin, dont le TCR est également voisin de zéro.

30 L'invention concerne également un capteur de mesure d'une grandeur. Selon les caractéristiques de l'invention, il comprend au moins une jauge de contrainte selon l'invention fixée sur un corps d'épreuve pouvant se déformer sous l'action de ladite grandeur

35 à mesurer.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation de l'invention donnée à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, cette description étant faite en faisant référence aux dessins joints, dans
5 lesquels :

- la figure 1 est un schéma illustrant une jauge de contrainte selon l'art antérieur, en vue de dessus,

10 - la figure 2 est une vue en perspective d'un capteur comprenant plusieurs jauges de l'art antérieur,

- la figure 3 est une vue partielle, en perspective, d'un mode de réalisation d'une jauge de
15 contrainte selon l'invention, et

- la figure 4 est une courbe illustrant le fluage en fonction du temps, pour des jauges de contrainte réalisées selon l'invention et des jauges témoins.

20 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, la jauge de contrainte illustrée en figure 3 présente une forme allongée, identique à celle qui a été décrite en détail en figure 1 dans l'introduction.

Cette jauge de contrainte comprend un support
25 souple 20 réalisé de préférence en un polymère thermodurcissable, et résistant à des températures au moins égales à 400°C environ, tel qu'un polyimide.

Ce support souple 20 est recouvert d'une
couche mince 22 sensible aux déformations. Cette couche
30 22 présente la forme de la résistance décrite pour la figure 1. Selon les caractéristiques de l'invention, elle comprend au moins deux sous-couches 24, 26 présentant des valeurs de fluage différentes.

La première sous-couche 26 est de préférence
35 réalisée dans un alliage présentant une valeur de fluage

positive, et se trouvant à l'état amorphe. Cette sous-couche mince est réalisée dans un matériau choisi parmi les alliages à base de nickel-chrome, platine-tungstène ou cuivre-nickel. De façon avantageuse, l'alliage comprend du nickel, du chrome et du silicium. Plus précisément, il présente la formule suivante : $Ni_xCr_ySi_z$ avec $5 < z < 11$ et $x+y+z=100$. Plus précisément encore, il comprend en poids, environ 72% de nickel, 18% de chrome et 10% de silicium. Son coefficient de température de résistance (TCR) est voisin de 0.

La deuxième sous-couche 24 est de préférence constituée d'un alliage présentant une valeur de fluage négative, c'est-à-dire qui entraîne une relaxation importante de la jauge par rapport au corps d'épreuve sur lequel elle est placée. De préférence, cet alliage est à l'état cristallin. Il est choisi parmi les alliages à base de nickel-chrome, platine-tungstène ou cuivre-nickel. De façon avantageuse, il est constitué par du constantan, c'est-à-dire un alliage comprenant en poids, environ 55% de cuivre, 44% de nickel et 1% de manganèse. Son coefficient de température de résistance (TCR) est voisin de zéro.

Il est possible d'utiliser deux types de constantan, dopés par plusieurs impuretés dont les principales sont données dans le tableau 1 ci-dessous. Il serait également possible d'utiliser comme dopant du zinc, de l'argent ou du titane.

30

35

Tableau 1

5	constantan n° 1		constantan n° 2	
	(µg/g)		(µg/g)	
	Ca	: 935	: 500	:
	Pb	: 200	: 175	:
10	Si	: 200	: 25	:
	Fe	: 420	: 215	:
15	Al	: 60	: 25	:
	Mg	: 55	: 615	:

20 Le premier alliage de constantan (n° 1) possède un TCR voisin de 0. Le deuxième alliage de constantan (n° 2) présente un TCR plus grand mais une relaxation plus faible.

Un alliage de constantan présentant un faible
25 taux d'impuretés a un TCR plus élevé et inversement.

On adaptera donc la quantité de dopants présents dans
l'alliage en fonction du TCR recherché.

Dé façon avantageuse et comme cela a été
représenté en figure 3, on dépose de préférence la

30 sous-couche 26 d'alliage à l'état amorphe directement sur le support souple 20, puis ensuite la sous-couche 24 sur la sous-couche 26. Il est également possible de faire le contraire mais les résultats obtenus sont moins homogènes.

35 On notera qu'il n'est pas impératif que l'une

des sous-couches ait une valeur de fluage positive et l'autre une valeur négative, mais qu'il suffit simplement que ces valeurs soient différentes.

Le degré de fluage de la jauge ou plus exactement de la couche mince 22 dépend non seulement de la valeur du fluage relatif à chacune des sous-couches 24, 26, mais également de l'épaisseur relative et du nombre de sous-couches 24, 26. Les essais décrits ci-après ont été effectués avec trois et cinq couches.

Le procédé de fabrication des jauges va maintenant être décrit plus en détail. Des dépôts multicouches d'alliages amorphe (NiCrSi) et cristallin (CuNiMn) ont été effectués par pulvérisation cathodique à diode continue, sur un support souple 20 de polyimide de 25 μm d'épaisseur. Ce type de procédé de dépôt explique que le polymère polyimide doive résister à des températures voisines de 400°C ou plus, atteintes lors de l'élaboration des couches minces. Bien entendu, cette valeur de température peut être abaissée par adjonction de systèmes réfrigérants au dispositif de dépôt. Le choix du polymère dépend de la température atteinte lors du dépôt des couches minces. Ce choix est alors à la portée de l'homme de l'art.

Ces techniques de dépôts de couches minces permettent de déposer des couches présentant des épaisseurs comprises 50.10⁻¹⁰m et 10000.10⁻¹⁰m et d'avoir des résistances très élevées par unité de longueur. Ensuite, les résistances sont gravées par attaque chimique en suivant la géométrie de la figure 1 ou 3, avec un seul masque pour les différences multicouches, (c'est-à-dire une longueur de boucle 15 unique). Ensuite, par exemple les plots de connexion 28 sont déposés à travers un masque aux deux extrémités de chaque jauge, par évaporation sous vide d'une épaisseur de 100 Å de chrome, 3000 Å de nickel et 3000 Å d'or. Enfin,

les jauges obtenues sont collées sur le corps d'épreuve de façon à former un capteur. Elles peuvent être disposées comme illustré sur la figure 2 en forme de pont de Wheastone. Des fils de connexion sont ensuite soudés
 5 aux plots de connexion, au fer à souder, avec un alliage étain-plomb, par exemple.

Test effectué sur les jauges de contrainte présentant la structure conforme à l'invention

Les jauges ont été installées sur un corps
 10 d'épreuve selon une disposition en pont de Wheastone. Le corps d'épreuve est destiné à un pesage effectué entre 0 et 3 kg. Ce corps d'épreuve présente un fluage de valeur intermédiaire par rapport à tous les corps d'épreuve utilisés généralement dans le pesage. La
 15 figure 4 illustre les mesures effectuées en appliquant une charge maximum et en faisant des relevés du déséquilibre du pont de Wheatsone pendant 30 minutes. Les courbes représentent le fluage (c'est-à-dire la déformation en ‰ de la déformation maximale), en
 20 fonction du temps. Les essais ont été effectués avec une jauge comprenant un support souple en polyimide recouvert d'une ou de plusieurs sous-couches de NiCrSi amorphe ou de constantan cristallin. En face de chaque
 25 courbe, on a également représenté la section correspondante de la jauge sans la couche support 20 et les épaisseurs relatives du constantan et de l'alliage NiCrSi.

La courbe C1 représente la résultante obtenue avec une couche de constantan seule et forme un témoin.
 30 Le fluage est de -1.10^{-3} après 30 minutes.

Les courbes C2, C3 et C4 montrent la diminution de l'effet de relaxation (augmentation de la valeur
 du fluage) due à l'augmentation d'épaisseur de la sous-couche de NiCrSi, par rapport à celle du constantan.
 35 La courbe C4 correspond à un fluage de la jauge qui

compense exactement le fluage du corps d'épreuve.

Les courbes C5, C6 et C7 représentent les résultats décalés vers des valeurs positives de fluage, obtenues avec des sous-couches alternées d'alliage 5 NiCrSi et de constantan. On notera que les mêmes courbes pourraient être obtenues avec uniquement deux sous-couches, en augmentant l'épaisseur de l'alliage NiCrSi par rapport à celle du constantan.

Enfin, à titre de comparaison, la courbe 10 C8 montre le fluage du corps d'épreuve obtenu avec une couche d'alliage NiCrSi seule. Cette valeur est de $1,4.10^{-3}$ après 30 minutes. Dans ce cas, la couche métallique suit parfaitement le corps d'épreuve et la jauge n'a pas de relaxation.

15 Les jauges de contrainte selon l'invention trouvent une application particulière dans le pesage de précision pour les balances poids/prix.

En fonction des applications particulières réalisées et notamment de la valeur de fluage souhaitée, 20 on choisira le nombre et l'épaisseur des différentes sous-couches d'alliage.

REVENDECATIONS

1. Jauge de contrainte destinée à être fixée sur l'une des faces d'un corps d'épreuve pouvant se déformer sous l'action d'une grandeur à mesurer, cette jauge comprenant une couche mince (22) sensible aux déformations, gravée en forme de résistance et fixée sur un support souple (20), caractérisée en ce que ladite couche mince (22) comprend au moins deux sous-couches (24, 26) présentant des valeurs de fluage différentes.

2. Jauge de contrainte selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'une des sous-couches est constituée d'un alliage (26) présentant une valeur de fluage positive et l'autre sous-couche d'un alliage (24) présentant une valeur de fluage négative.

3. Jauge de contrainte selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'alliage présentant une valeur de fluage négative (24) est un alliage à l'état cristallin.

4. Jauge de contrainte selon la revendication 2, caractérisée en ce que l'alliage présentant une valeur de fluage positive (26) est un alliage à l'état amorphe.

5. Jauge de contrainte selon la revendication 3 ou 4, caractérisée en ce que l'alliage à l'état cristallin (24) et l'alliage à l'état amorphe (26) sont choisis parmi des alliages à base de nickel-chrome, platine-tungstène ou cuivre-nickel.

6. Jauge de contrainte selon la revendication 3 ou 4, caractérisée en ce que l'alliage présente un coefficient de température de résistance voisin de 0.

7. Jauge de contrainte selon les revendications 4 et 5, caractérisée en ce que l'alliage présen-

tant une valeur de fluage positive (26) est un alliage de composition $Ni_xCr_ySi_z$ avec $5 < z < 11$, $x+y+z=100$.

8. Jauge de contrainte selon la revendication 7, caractérisée en ce que l'alliage (26) comprend en
5 poids environ 72% de nickel, 18% de chrome et 10% de Si.

9. Jauge de contrainte selon la revendication 3, caractérisée en ce que l'alliage (24) présentant une valeur de fluage négative est un alliage de cuivre,
10 nickel, manganèse.

10. Jauge de contrainte selon la revendication 9, caractérisée en ce que l'alliage (24) comprend en poids, environ 55% de cuivre, 44% de nickel et 1% de manganèse.

11. Jauge de contrainte selon la revendication 3 ou 5, caractérisée en ce que l'alliage (24) présentant une valeur de fluage négative est dopé avec un élément choisi parmi le calcium, le plomb, le silicium, le fer, l'aluminium, le magnésium, le zinc, l'argent ou
20 le titane.

12. Jauge de contrainte selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le support souple (20) est réalisé dans un polyimide résistant à des températures supérieures ou égales
25 à 400°C environ.

13. Jauge de contrainte selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la sous-couche (26) d'alliage présentant une valeur de fluage positive est au contact direct du support
30 souple (20).

14. Jauge de contrainte selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que chaque sous-couche (24, 26) présentant des valeurs de fluage différentes, a une épaisseur comprise entre
35 50.10⁻¹⁰m et 10000.10⁻¹⁰m.

15. Jauge de contrainte selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la couche mince (22) a une structure multicouche comprenant plusieurs sous-couches (24, 26) présentant 5 des valeurs de fluage différentes et des épaisseurs différentes.

16. Capteur de mesure d'une grandeur, caracté-
risé en ce qu'il comprend au moins une jauge de contrai-
re selon l'une quelconque des revendications 1 à 15,
10 fixée sur un corps d'épreuve (11) pouvant se déformer
sous l'action de ladite grandeur à mesurer.

1/3

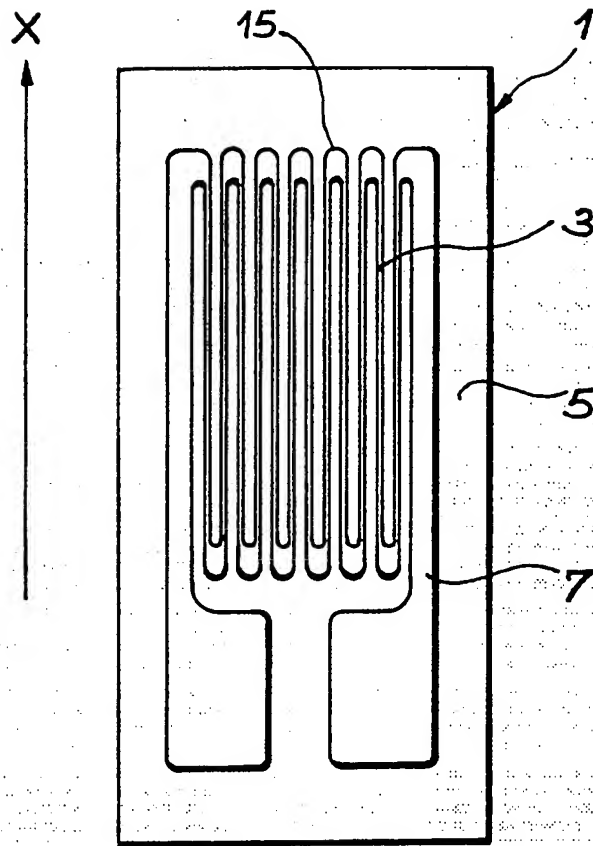


FIG. 1

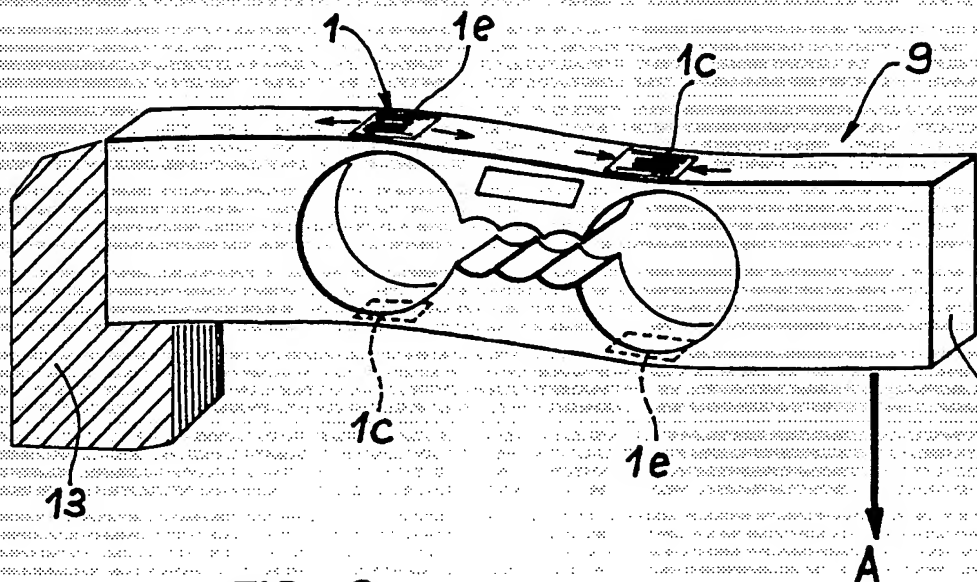


FIG. 2

2/3

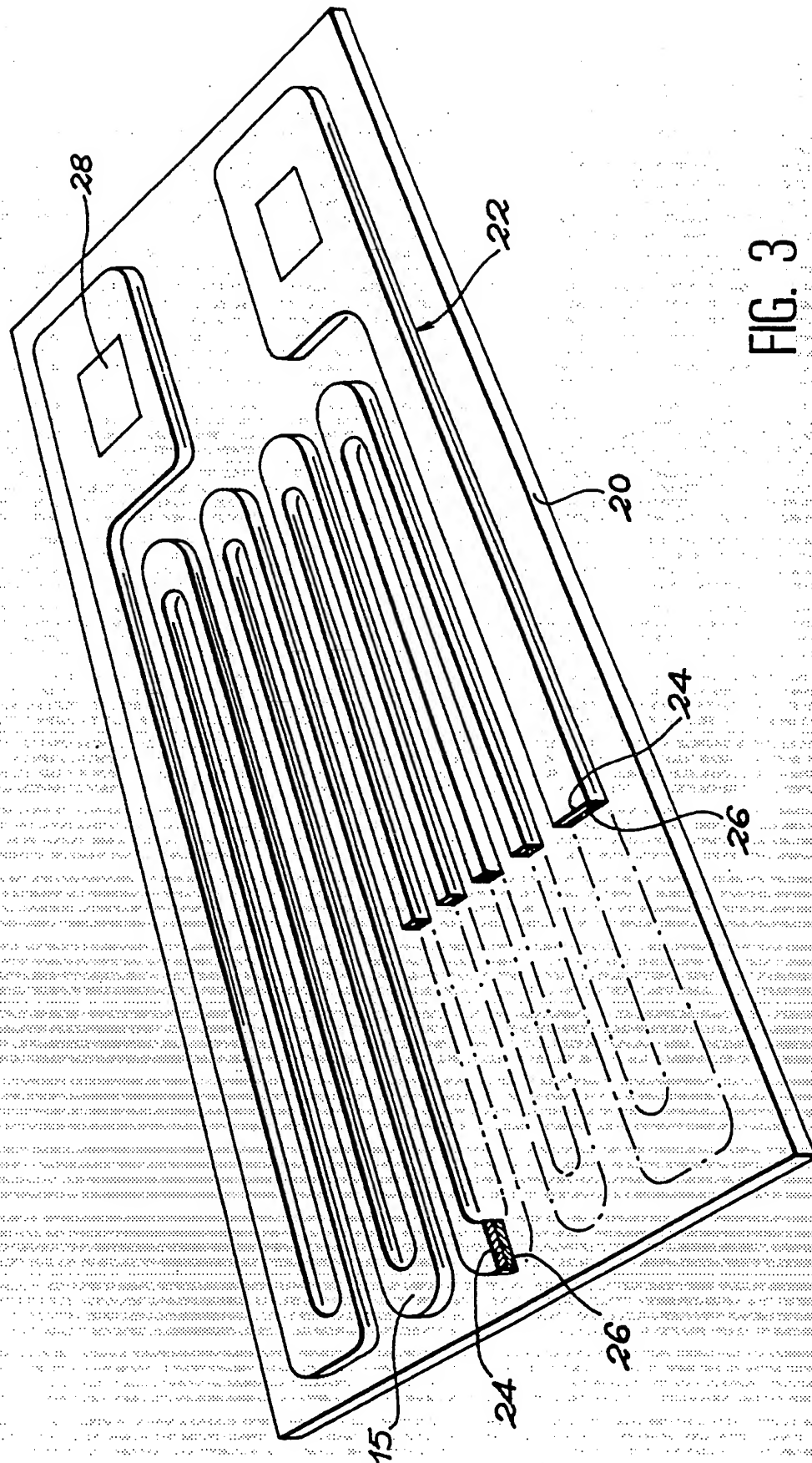


FIG. 3

3/3

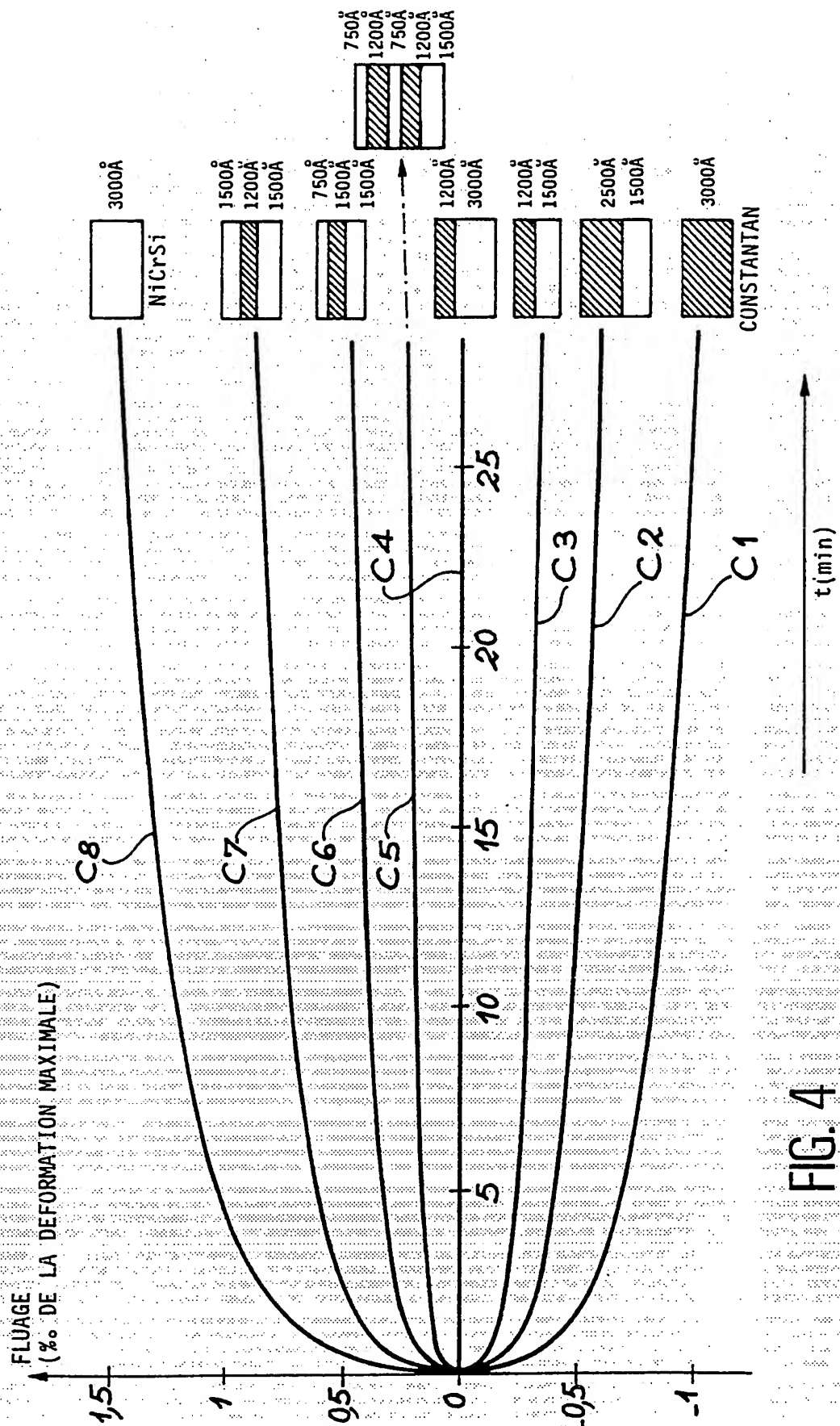


FIG. 4

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFR 9208723
FA 477215

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US-A-4 876 893 (Y. KATO ET AL.) * colonne 2 - colonne 5 *	1-6
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 58 (P-9)30 Avril 1980 & JP-A-55 029 756 (TOKYO ELECTRIC CO. LTD.) 3 Mars 1980 * abrégé *	1-6
A	US-A-4 821 011 (M. KOTAKI ET AL.) * colonne 3 - colonne 4 *	1-6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 208 (E-338)24 Août 1985 & JP-A-60 072 242 (FUJITSU KK) 24 Avril 1985 * abrégé *	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 245 (P-729)12 Juillet 1988 & JP-A-63 037 227 (TERAOKA SEIKO CO. LTD.) 17 Février 1988 * abrégé *	1-4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 15, no. 331 (P-1241)22 Août 1991 & JP-A-31 22 504 (ASAHI CHEM. IND. CO. LTD.) 24 Mai 1991 * abrégé *	6, 12
A	EP-A-0 265 090 (THE SINGER CO.) * colonne 4 - colonne 5 *	1-6
A	EP-A-0 087 665 (TOKYO ELECTRIC CO. LTD.) * page 5 - page 10 *	5-16
A	US-A-4 839 708 (H. KANO ET AL.) * colonne 4 - colonne 6 *	1-16
Date d'achèvement de la recherche 24 MARS 1993		Examinateur DIETRICH A.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'un moins une revendication ou arrière-plan technologique général P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		